



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA

CIÊNCIAS NATURAIS

**ESTUDO SOBRE OS PADRÕES DE QUEBRAS
DENTÁRIAS DE BAURUSSUQUÍDEOS
(CROCODYLOMORPHA), CRETÁCEO SUPERIOR,
GRUPO BAURU**

ALAN OLIVEIRA LOOS

ORIENTADOR: PROF. DR. RODRIGO MILONI SANTUCCI

Planaltina – DF

Junho 2018



Universidade de Brasília

FACULDADE UnB PLANALTINA CIÊNCIAS

NATURAIS

**ESTUDO SOBRE OS PADRÕES DE QUEBRAS
DENTÁRIAS DE BAURUSSUQUÍDEOS
(CROCODYLOMORPHA), CRETÁCEO SUPERIOR,
GRUPO BAURU**

ALAN OLIVEIRA LOOS

ORIENTADOR: PROF. DR. RODRIGO MILONI SANTUCCI

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Banca Examinadora, como exigência parcial para
a obtenção de título de Licenciado do Curso de
Ciências Naturais, da Faculdade UnB Planaltina,
sob a orientação do Prof. Dr. Rodrigo Miloni
Santucci.*

Planaltina – DF

Junho 2018

AGRADECIMENTOS

Agradeço inicialmente a Deus por ter me dado saúde e força para superar todas as dificuldades.

Agradeço aos meus pais Celso e Solimar, que palavras não bastam para descrever a importância em minha vida. Obrigado por todo incentivo, amor e apoio.

Um agradecimento especial ao Prof. Dr. Rodrigo Miloni Santucci por toda sua dedicação, apoio e seus ensinamentos. Muito obrigado por suas análises minuciosas e sugestões de grande valia para a conclusão deste trabalho.

Aos meus amigos que conheci na Universidade de Brasília, em especial Alan Kozlowski. Ana Luiza, Érick Thomas, Quezia Sabino e Joel Lopes obrigado por todo o companheirismo e amizade. Esta caminhada não seria a mesma sem vocês. Agradeço também aos meus amigos Erick Lucas, Gustavo Magref, Paulo Victor, Rhuan Reis e Josaphar Lopes obrigado por todos estes anos de amizade, nunca esquecerei os momentos que passamos juntos.

Agradeço também aos professores participantes da banca examinadora, a Profa. Dra Jeanne Rotta e ao Prof. Dr. Danilo Furtado, obrigado pela disponibilidade em participar e também pelas considerações que guiaram a elaboração final deste trabalho.

Um enorme obrigado a todos os outros docentes do curso, por toda a troca de conhecimentos e de experiências que foram importantes para a minha vida acadêmica e pessoal.

À Universidade de Brasília pela oportunidade de concluir este curso e a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muitíssimo obrigado.

ESTUDO SOBRE OS PADRÕES DE QUEBRAS DENTÁRIAS DE BAURUSSUQUÍDEOS (CROCODYLOMORPHA), CRETÁCEO SUPERIOR, GRUPO BAURU

ALAN OLIVEIRA LOOS ¹

RESUMO

Baurussuquídeos são crocodiliformes de médio a grande porte que viveram durante o Cretáceo, possuem órbitas laterais e narinas anteriores, apresentando uma dentição reduzida e mais restrita à porção anterior do rostro. Eles representam uma fase da história da vida na Terra onde havia uma maior diversidade de crocodiliformes. São conhecidas atualmente 11 espécies de baurussuquídeos, destas, 8 foram encontradas no Brasil. Alguns dentes de baurussuquídeos adultos apresentam um padrão de fratura (quebra com depressões no dente ou lascados na região apical) bastante semelhante ao encontrado em alguns dinossauros carnívoros. Curiosamente, os poucos indivíduos juvenis encontrados até o momento não apresentam tais padrões. Este trabalho tem como objetivo entender de que forma estes padrões de quebra são produzidos e se eles podem fornecer informações sobre como esses animais se alimentavam. Para realização deste trabalho foram utilizados quatro crânios de baurussuquídeos, um de indivíduo juvenil e três crânios de adultos. Foi criado um sistema mecânico com réplicas dentárias de baurussuquídeos para simular as mordidas. As réplicas dentárias foram feitas a partir de um fóssil de baurussuquídeo que se encontra na Faculdade UnB Planaltina. Foram realizados três tipos de teste: teste de oclusão simples, teste de esforço lateral simples e teste de rotação (torção). Foi observado que o teste de oclusão simples gerou um padrão de fratura (lascas na região apical) muito semelhante ao encontrado nos fósseis de indivíduos adultos. O teste de esforço lateral não gerou padrões de fratura parecidos com os encontrados no fóssil. O teste de rotação (torção) gerou um padrão de fratura (depressões no dente) bastante semelhante ao encontrado nos fósseis de indivíduos adultos. Pelo fato de crocodilos atuais comerem até os ossos de suas presas, muitas vezes esmagando-os, este padrão de lascas na região apical pode estar relacionado ao contato entre o dente e o osso. Para diminuir o tamanho de suas presas, crocodilos atuais podem sacudir suas cabeças, possivelmente, os baurussuquídeos também realizavam um movimento semelhante, sendo esta a possível causa da fratura com depressões no dente simulado pelo teste de torção. Pelo fato de o indivíduo juvenil não apresentar tais fraturas, é provável que sua dieta fosse diferenciada dos adultos.

Palavras-chave: Crocodylomorpha; Baurusuchidae; Cretáceo; Grupo Bauru; dente.

¹ Licenciatura em Ciências Naturais - Faculdade UnB de Planaltina

Sumário

1 – Introdução	1
2 – Materiais e Métodos	4
3 – Resultados.....	7
4 – Discussão	20
5 – Conclusão	25
6 – Referências bibliográficas	26

1 – Introdução

Os baurussuquídeos são crocodiliformes de médio a grande porte, que possuem órbitas ântero-laterais (possuem visão estereoscópica) e narinas anteriores (Price, 1945; Riff & Kellner, 2001; Vasconcellos, 2009). Sua dentição é reduzida, a distribuição dos seus dentes encontra-se mais restrita à parte anterior do rosto, com alguns dentes pré-maxilares e mandibulares hipertrofiados, apresentando carenas serrilhadas (Price, 1945; Riff & Kellner, 2001; Vasconcellos, 2009).

A família Baurusuchidae foi criada por Price (1945) a partir de um crânio parcialmente preservado em rochas sedimentares de idade cretácea da Formação Adamantina, no norte do Estado de São Paulo. Este baurussuquídeo foi batizado de *Baurusuchus pachecoi*. Além desta, outras espécies de baurussuquídeos foram descritas com o passar do tempo, como: *Stratiosuchus maxhechti* (Campos *et al.* 2001), *Baurusuchus salgadoensis* (Carvalho *et al.*, 2005) (Figura 2), *Baurusuchus albertoi* (Nascimento & Zaher, 2010), *Gondwanasuchus scabrosus* (Marinho *et al.*, 2013), *Aplestosuchus sordidus* (Godoy *et al.*, 2014), todas encontradas em/ou próximas à cidade de General Salgado no noroeste do Estado de São Paulo. Já as espécies *Campinasuchus dinizi* (Carvalho *et al.*, 2011) e *Pissarrachampsia sera* (Montefeltro, *et al.*, 2011), foram encontradas no extremo oeste do Triângulo Mineiro. As espécies de baurussuquídeos não se restringem apenas ao Brasil. Foram encontradas três espécies em outros países, são elas: *Pabwehshi pakistanensis* (Wilson *et al.*, 2001), encontrado no Baloquistão, sudoeste do Paquistão, *Cynodontosuchus rothi* (Woodward, 1896) e *Wargosuchus australis* (Martinelli & Pais, 2008), ambos encontrados na Argentina.

Os baurussuquídeos representam uma fase da história da vida na Terra onde havia uma maior diversidade de crocodiliformes (Figura 1), já que atualmente são descritas cerca de mais de 20 espécies de crocodiliformes recentes em todo o planeta, que são essencialmente predadores de emboscada e semiaquáticos (Levy, 1991; Richardson *et al.*, 2002). Esse número de espécies é quase alcançado apenas pelas formas fósseis encontradas nas rochas do Grupo Bauru de onde os principais achados de Baurusuchidae são reportados.

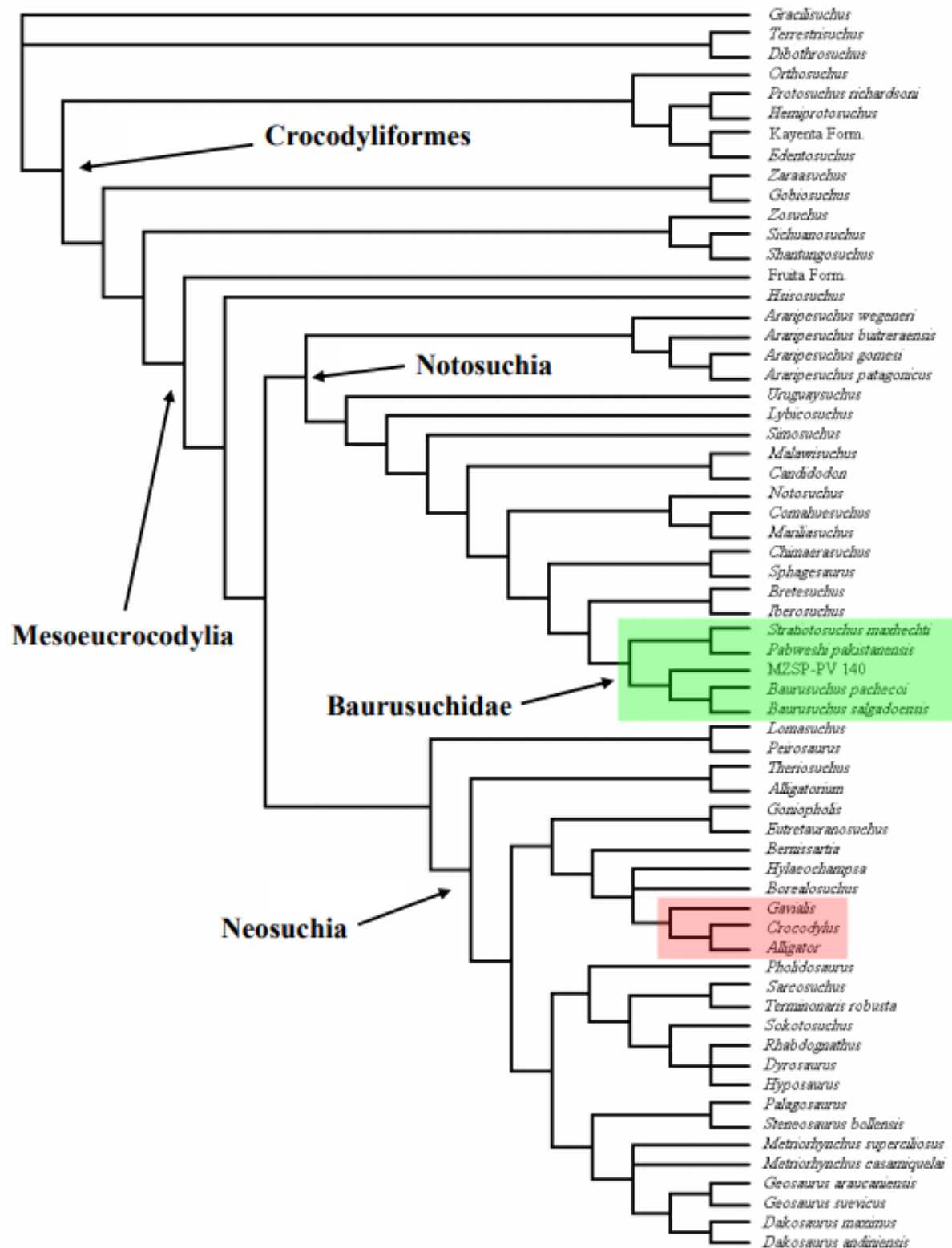


Figura 1: Cladograma mostrando as relações filogenéticas de Baurusuchidae. Fonte: Nascimento (2008). Em verde: baurussuquídeos; em vermelho: alguns crocodiliformes atuais.

Entre todos os animais hoje existentes, a mordida mais forte pertence ao crocodilo-de-água-salgada (*Crocodylus porosus*), com uma força de 1,673 kg. Já a mordida mais forte registrada para mamíferos carnívoros é a da hiena-malhada (*Crocuta crocuta*), com 458,8 kg de força (Erickson *et al.*, 2012).

Alguns dentes de baurussuquídeos apresentam um padrão de quebra (quebra com depressões no dente ou com presença lascas na região apical) muito semelhante ao que já é descrito em literatura para alguns dinossauros carnívoros (Schubert e Ungar, 2005; Hendrickx e Mateus, 2014).

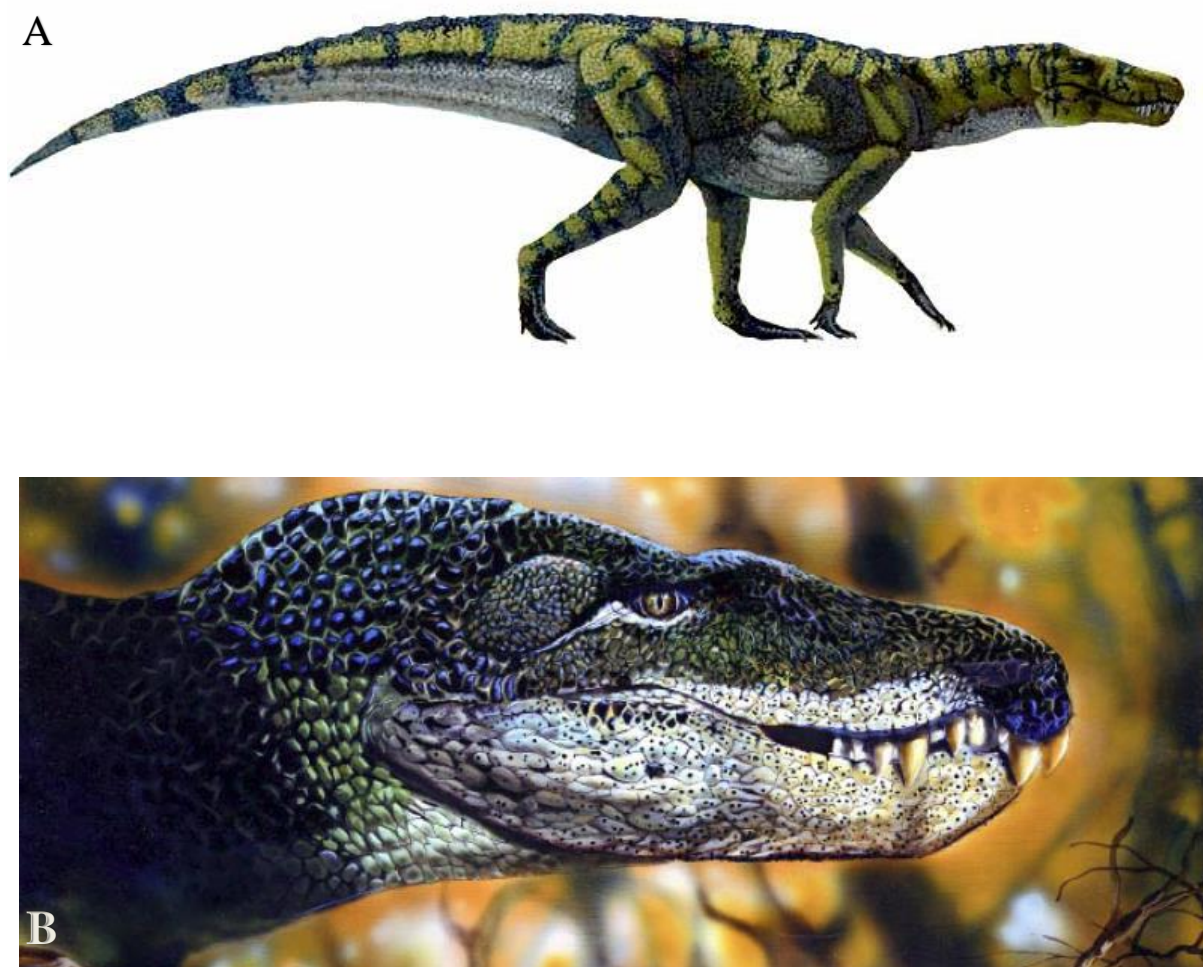


Figura 2. (A) e (B) Reconstruções artísticas do crânio e corpo de *Baurusuchus salgadoensis* (Carvalho *et al.*, 2005). Ilustração de Deverson da Silva (Pepi). Fonte: Deverson da Silva (Pepi).

Este trabalho tem como objetivo entender de que forma os padrões de quebra encontrados nos dentes de baurussuquídeos surgem. Para isso foi criado um sistema mecânico para simular mordidas, com o qual realizamos testes de oclusão simples, de esforço lateral aplicado aos dentes e de torção. Os resultados obtidos foram comparados aos padrões de fratura encontrados nos dentes dos fósseis originais. A análise do padrão de fratura dentária nos baurussuquídeos pode fornecer informações importantes sobre como esses crocodiliformes se alimentavam, visto que esta é uma característica que raramente se preserva no registro fóssil.

2- Materiais e Métodos

Para a realização deste trabalho foram utilizados quatro crânios de baurussuquídeos, sendo um de indivíduo juvenil, já preparado, e três de indivíduos adultos, um já preparado e dois em processo de preparação. A primeira etapa deste trabalho foi a conclusão da preparação de um dos crânios dos indivíduos adultos, já no final de seu processo de preparação. O outro crânio apresentava a sua parte lateral esquerda totalmente imersa na rocha matriz. Nesta etapa de preparação foram removidos os resquícios de rocha ainda presentes em volta do fóssil. Foram utilizadas agulhas de diferentes tamanhos, estiletes, brocas, calçadores odontológicos e pincéis. No crânio juvenil foi necessária a consolidação de algumas regiões quebradas com o consolidante *Paraloid* B72, uma resina que permite endurecer o material, evitando novas quebras, ou permite a colagem de partes quebradas. Todos os crânios estão disponíveis na Universidade de Brasília, campus Planaltina.

Após a preparação dos crânios (exceto o crânio ainda na rocha matriz), foi utilizado um paquímetro, para aferir o comprimento ântero-posterior (mesio-distal) e lateral (lábio-lingual) dos alvéolos, bem como a distância entre um alvéolo e outro. As mesmas medidas foram tomadas para os dentes, assim como a distância entre eles, visto que em alguns casos se tratavam de dentes de reposição e apresentavam medidas menores que àquelas dos alvéolos. Também foi medido, quando possível, o tamanho da coroa dentária nos dentes. Nesta etapa também foi identificado se o dente é funcional ou não, assim como suas características (quebras, desgastes, etc.). Por fim, os crânios foram fotografados, e com a utilização do programa *Inkscape* foi

possível encontrar os ângulos das fraturas do segundo padrão de quebra. Em seguida, foi cortada uma chapa de madeira de 2 cm de espessura, medindo 30 x 10 cm. Essa chapa foi colocada rente ao crânio de baurussuquídeo e com uma caneta foi copiado o contorno do crânio, para que esta chapa apresentasse o mesmo contorno do crânio original. A chapa então foi cortada utilizando um serrote e, após o corte, foi lixada para um melhor acabamento. Posteriormente, utilizando um esmeril, foi retirada a cabeça de um parafuso e o mesmo foi limado, funcionando assim como um prego na região da cabeça e da haste, o corpo permaneceu intacto. Este parafuso “adaptado” foi preso então a chapa de madeira.

Com o modelo de “crânio” de madeira pronto, os moldes dos dentes foram confeccionados. Primeiro foi utilizada borracha de silicone (sem marca definida) para a criação dos moldes dentários. Os dentes originais foram mergulhados nesta borracha, criando assim um molde deles. Para a criação das réplicas dentárias, manipulamos uma resina de acrílica da marca *Maza*, juntamente com um catalisador MEK. Testamos várias concentrações de catalisador até que houvesse um padrão de fratura conchoidal bem parecido aos dentes originais. Misturamos ambos os produtos e esta solução foi colocada dentro do molde de silicone. Após o tempo de cura, as réplicas de resina foram retiradas dos moldes de silicone. Em seguida, com uma micro-retífica foi feito um furo nos dentes de forma que fosse possível fixá-los na chapa de madeira mosqueando-os no parafuso. Foram feitas 25 réplicas dentárias de diferentes posições (Figura 3). Infelizmente, os dentes fossilizados estão mineralizados devido ao processo de fossilização. Portanto, suas características originais (como dureza, resistência, peso e densidade) não podem mais ser acessadas. Desta forma, os dentes fósseis originais não apresentam as mesmas características de quando o animal estava vivo e não podem ser utilizados como parâmetro de comparação de resistência a quebra por impacto e torção.

Após o dente encaixado, os testes foram feitos. Foram realizados testes de oclusão simples, teste de esforço lateral simples e teste de rotação dentária. O teste de oclusão simples (Figura 4) constituiu em bater o dente a uma região sólida. Foi usada uma chapa de madeira que é menos resistente e um pedaço de mármore, mais resistente, simulando assim mordidas em locais mais duros ou não. Crocodilos atuais (*Crocodylus porosus*) conseguem alcançar uma força de mordida de até 1,673 kg (Erickson *et al.*, 2012). Não há estudos desta força em baurussuquídeos. Entretanto, o que está sendo simulado é o impacto do dente com uma superfície dura, como por exemplo ossos e placas dérmicas. A força com que o dente atinge

essa superfície (osso) será menor, pois se pode levar em conta que o dente atravessou músculos e outros tecidos até atingir esta superfície. Esta situação dificulta as estimativas da força da mordida original para o caso analisado. O ângulo da mordida pode variar de acordo com a posição da presa, assim como o da boca durante o processo de oclusão.

No teste de esforço lateral (Figura 4), o dente fixado sofreu um esforço em sua porção lateral. Neste caso, foi utilizado um alicate para tal, simulando, desta forma um esforço lateral no dente que possa decorrer durante a alimentação/captura de presa.

Para o teste de rotação (Figura 4) não foi utilizado o modelo de madeira, e sim dois alicates, um alicate fixou a base do dente. Com a base fixada o outro alicate foi posicionado perpendicularmente ao primeiro alicate e preso ao meio do dente e então rotacionado, simulando desta forma uma rotação na qual o dente possa vir a sofrer com a movimentação do crânio do animal. Os testes foram repetidos até que tivéssemos certeza de que os padrões de quebra encontrados não foram apenas coincidências: para a oclusão simples foram realizados 8 testes, para o de esforço lateral 5 testes e para o de rotação 7 testes.



Figura 3. Imagem dos moldes e de algumas réplicas já prontas. Escala: 1 cm.

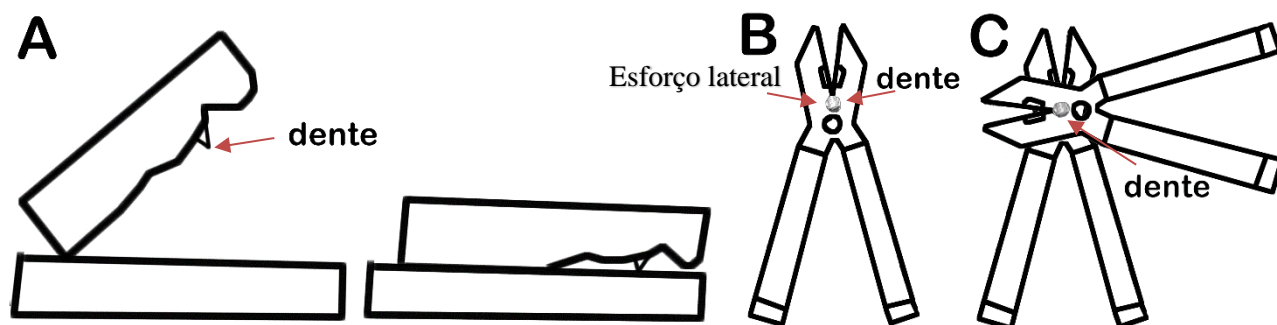


Figura 4. Representação de como foram realizados os testes. A) Teste de oclusão simples; B) Teste de esforço lateral; C) Teste de rotação.

Com o fim dos testes, os padrões de quebras das réplicas foram fotografados e comparados com os encontrados nos fósseis de baurussuquídeos.

3- Resultados

Os crânios aqui descritos pertencem à família Baurusuchidae, correspondendo a três indivíduos adultos e um juvenil.

Os dentes dos indivíduos desta família possuem, de forma geral, a mesma morfologia, ocorrendo apenas variações no tamanho. Os dentes possuem serrilhas nas carenas mesial e distal. São achatados lateralmente nos maxilares e sua distância mesial-distal é maior do que a lingual-labial. Os dentes dos pré-maxilares têm seção mais circular, sendo levemente curvados para trás. O comprimento dos dentes pode variar muito, por exemplo, no crânio 2, o dente 7 (maxilar direito) possui 16,5 mm e seu dente 1 (pré-maxilar direito) possui 6 mm. Assim como o comprimento, a largura também varia muito de dente para dente. Por exemplo, no crânio 2 a maior largura é a do dente 7 (maxilar direito) com 14,9 mm e a menor é a do dente 9 (maxilar direito) com 4.9 mm.

Também foi medido o ângulo das fraturas dentárias presentes (Figura 5) no crânio 1. Foi traçada uma linha no eixo sagital do crânio e foi medido o ângulo das fraturas em relação a este plano. A média obtida para os ângulos foi de aproximadamente 49° .



Figura 5. Vista palatal do crânio 1, mostrando os ângulos das fraturas dentárias. Escala: 5 cm.

3.1 Descrição dos crânios.

Crânio de baurussuquídeo 1.

Este crânio foi coletado na região de Fernandópolis e, de maneira geral, está bem preservado. A região posterior direita não se encontra preservada. Entretanto, essa porção incompleta não chega a comprometer as medidas realizadas na porção anterior, onde se encontram os dentes. A parte anterior está bem preservada, tanto na porção dorsal como na área do palato. No palato é possível observar a sutura dos ossos pré-maxilares tanto entre si, como com os ossos maxilares (Figura 6).

Este crânio apresenta 18 alvéolos, os quais estão distribuídos em quatro partes: pré-maxilar direito, pré-maxilar esquerdo, maxilar direito e maxilar esquerdo (Figura 7). Cada pré-

maxilar apresenta 4 alvéolos e cada maxilar apresenta 5 alvéolos, totalizando os 18 alvéolos existentes. Excluindo os alvéolos 5 e 6 do maxilar direito, demais alvéolos estão bem preservados.

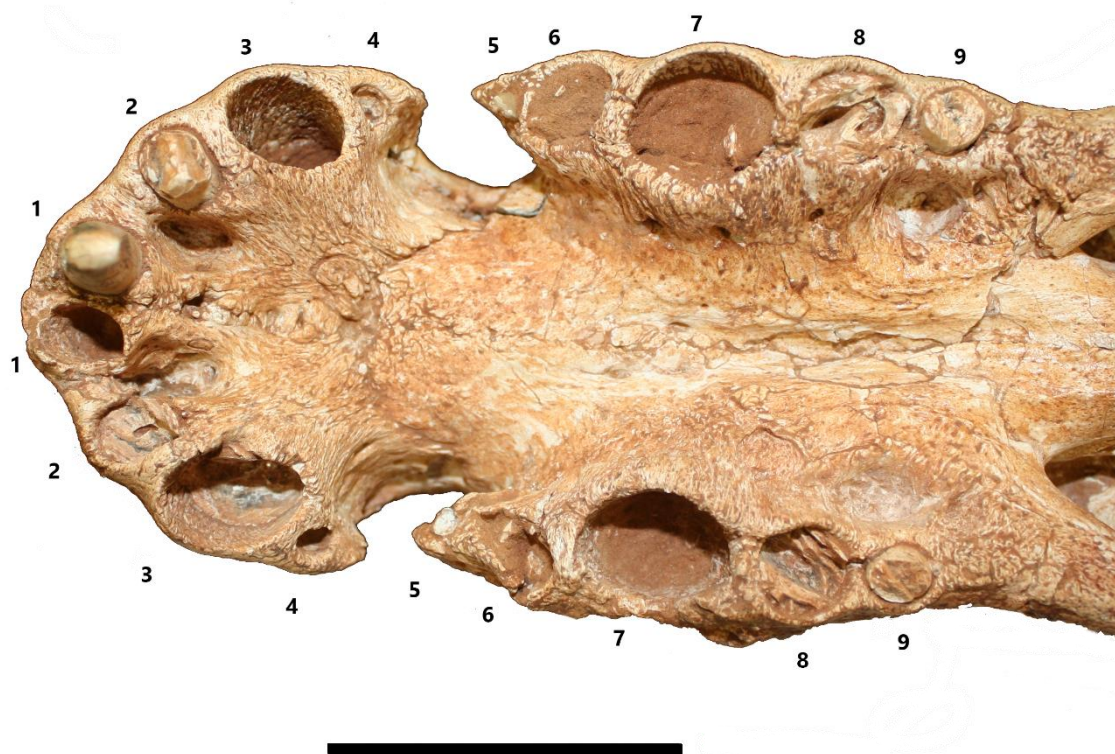


Figura 6. Vista palatal do crânio 1. Numeração indica a posição dos dentes/alvéolos descritos no texto. Escala: 5 cm.

A mandíbula não está presente. Os dentes ligados à maxila estão, em sua maioria, ausentes. Nos alvéolos do pré-maxilar direito temos os alvéolos 1, 2, 3 e 4. Os alvéolos 1, 3 e 4 não apresentam dente ou resquícios de dente ou de raiz dentária, no alvéolo 2 também não há a presença de dente, embora seja possível observar que há resquícios de raiz dentária. No maxilar direito temos os alvéolos 5, 6, 7, 8 e 9. No alvéolo 5 o dente está preservado, entretanto, está quebrado no limite do alvéolo. Nos alvéolos 6 e 7 não há dente ou resquícios de raiz dentária. No alvéolo 8 o dente não está preservado completamente, mas há resquícios de dente/raiz dentária. No alvéolo 9 o dente está quebrado um pouco acima do limite do alvéolo.

Seguindo para o pré-maxilar esquerdo temos, assim como no pré-maxilar direito, os alvéolos 1, 2, 3 e 4. No alvéolo 1 se observa a presença de um dente bem preservado,

apresentando uma pequena fratura na parte labial e possui a ponta levemente arredondada. O alvéolo 2 também apresenta um dente que está quebrado em sua porção média e está bastante desgastado. Não se observam dentes ou resquícios de raiz dentária nos alvéolos 3 e 4. Passando para o maxilar esquerdo temos os alvéolos 5, 6, 7, 8 e 9. No alvéolo 5 se encontra um pequeno dente, bem preservado. Os alvéolos 6 e 7 não possuem dente ou resquícios de dente ou de raiz dentária. Passando para o alvéolo 8, é possível observar resquícios de raiz dentária. Por fim, no alvéolo 9, se encontra um dente que está quebrado um pouco acima do limite do alvéolo, quebra bem parecida com a observada no alvéolo 9 do maxilar direito.

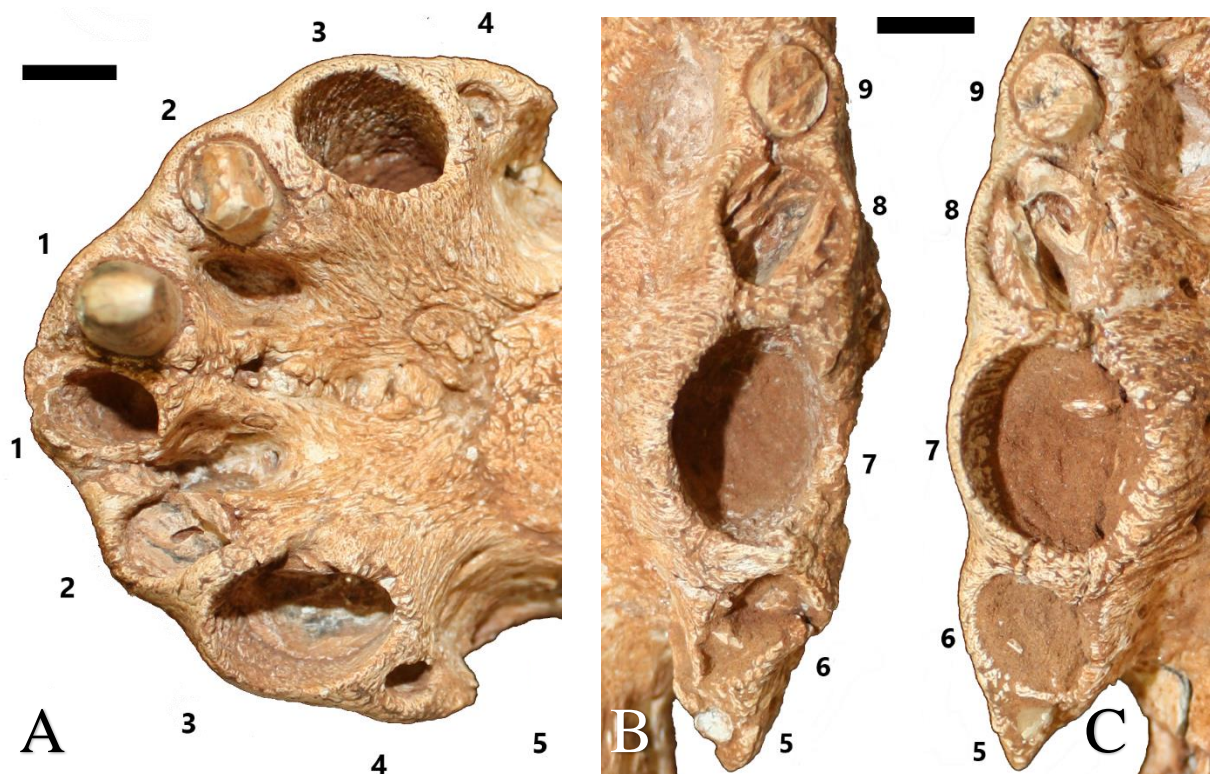


Figura 7. Vista aproximada dos maxilares e do pré-maxilar do crânio 1. A) Pré-maxilar. B) Maxilar direito. C) Maxilar esquerdo. Escalas: 1 cm.

Crânio de baurussuquídeo 2.

Este crânio foi coletado na região de Fernandópolis e está bem preservado, a área do palato está bem conservada e é possível observar a sutura entre os ossos pré-maxilares tanto entre si, como com os ossos maxilares (Figura 8). A região posterior direita está um pouco danificada, como se estivesse sido amassada. Quando observada sua porção dorsal se nota uma

leve diferença na simetria do crânio. Embora isto não comprometa as medidas realizadas na porção anterior.



Figura 8. Vista palatal do crânio 2. Numeração indica a posição dos dentes/alvéolos descritos no texto. Escala: 5 cm.

O crânio apresenta 18 alvéolos, distribuídos em 4 partes do crânio: pré-maxilar direito, pré-maxilar esquerdo, maxilar direito e maxilar esquerdo (Figura 9). Cada pré-maxilar apresenta 4 alvéolos e cada maxilar apresenta 5 alvéolos. É possível afirmar que os alvéolos estão muito bem preservados, se observa apenas uma pequena quebra no alvéolo 8 do maxilar esquerdo, o que não impede a sua medição.

Diferentemente do primeiro crânio, este apresenta um grande número de dentes preservados. No pré-maxilar direito temos os alvéolos 1, 2, 3 e 4. No alvéolo 1 há um dente muito bem preservado. O alvéolo 2 apresenta dente, apesar de estar inteiro, possui grande parte da coroa ainda no interior do alvéolo, correspondendo a um dente de substituição ainda não totalmente funcional. No alvéolo 3 há dente e sua porção distal está muito desgastada. No alvéolo 4 há um pequeno dente com a ponta um pouco arredondada. No maxilar direito temos os alvéolos 5, 6, 7, 8 e 9. No alvéolo 5 há um dente muito pequeno que está bem preservado. No alvéolo 6 há um dente bem preservado, cuja parte da coroa ainda se encontra no interior do

alvéolo. O alvéolo 7 apresenta um dente bem preservado. No alvéolo 8 há um dente bastante desgastado tanto em sua região lingual como labial. Por fim, no alvéolo 9 também há um dente levemente danificado em sua parte lingual.

No pré-maxilar esquerdo temos, assim como no pré-maxilar direito, os alvéolos 1, 2, 3 e 4. No alvéolo 1 há um dente bem preservado. No alvéolo 2 se encontra um dente quebrado no limite do alvéolo. No alvéolo 3 há um dente com a ponta bastante arredondada apresentando bastante desgaste em sua porção distal. No alvéolo 4 do pré-maxilar e em todos os alvéolos do maxilar (5, 6, 7, 8 e 9) não se encontram dentes ou resquícios de dentes ou de raiz dentária. Curiosamente, o maxilar esquerdo é o único local onde os dentes estão ausentes.

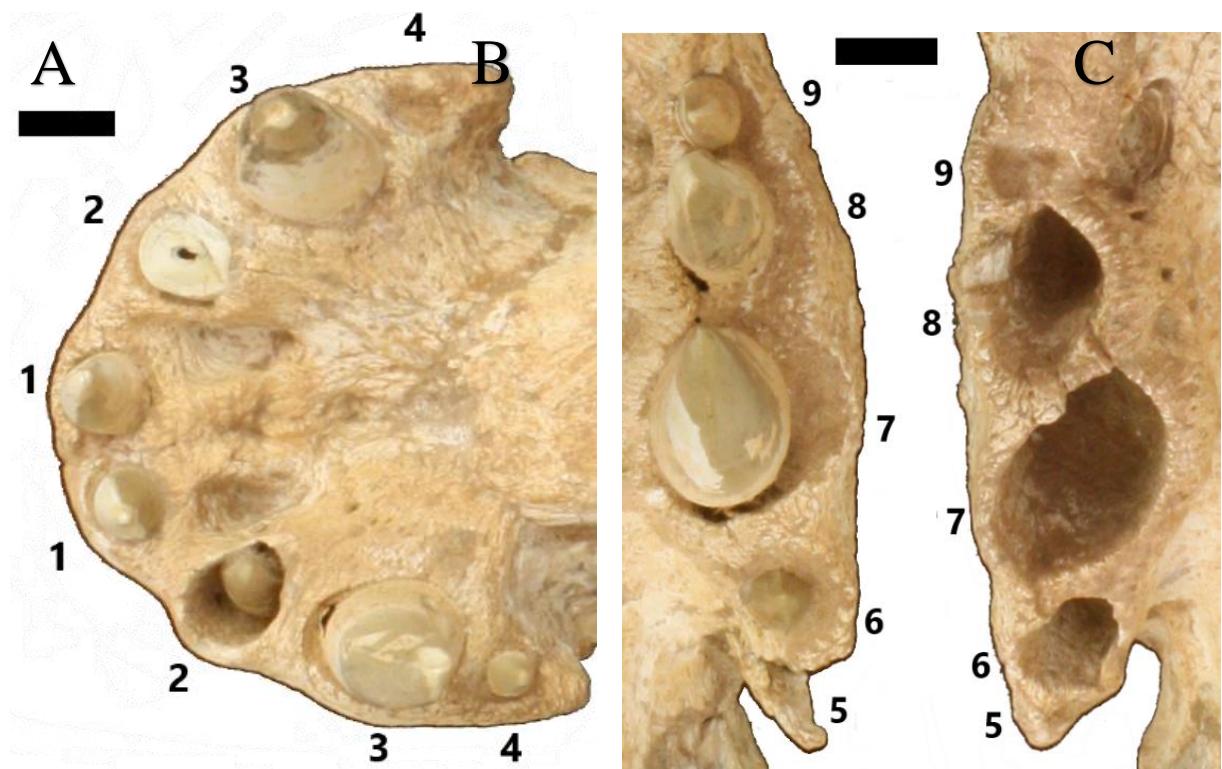


Figura 9. Vista palatal dos maxilares e do pré-maxilar do crânio 2. A) Pré-maxilar. B) Maxilar direito. C) Maxilar esquerdo. Escalas: 1 cm.

Crânio de baurussuquídeo 3.

Este crânio pertence a um indivíduo juvenil e foi coletado na região de Fernandópolis (Figura 10). O crânio possui diversas fraturas devido à compressão causada pela carga de sedimentos e pelo crescimento de raízes de vegetação recente. Uma pequena parte do pré-

maxilar esquerdo, onde estão localizados os alvéolos 1, 2, 3 e 4 está solta do restante do crânio, embora seja possível reposicioná-la em seu local de origem. Nota-se que pequenos pedaços do crânio estão se soltando. A mandíbula está presente e articulada ao crânio (não é possível desarticulá-la), o que dificulta um pouco a medição da largura dos dentes.



Figura 10. Vista ventral do crânio 3 (indivíduo juvenil), mandíbula presente. Escala: 5 cm.

Este crânio apresenta 17 alvéolos, o alvéolo 9 do maxilar direito está ausente, provavelmente foi danificado, temos assim para os pré-maxilar direito 4 alvéolos, para o maxilar esquerdo 5 alvéolos e para o direito 4 alvéolos (Figura 11).

Os alvéolos 1, 2, 3 e 4 do pré-maxilar esquerdo estão ausentes. Passando para o maxilar esquerdo, no alvéolo 5 e 8 há dentes bem pequenos. No alvéolo 6 há um dente com a ponta levemente arredondada. No alvéolo 7 há dente, que está quebrado em sua ponta, na direção da parte lingual do dente. No alvéolo 9 não há dente.

No alvéolo 1 do pré-maxilar direito há um dente que está bastante danificado, apresenta desgaste em sua parte lingual. Nos alvéolos 2 e 4 não há dente ou resquícios de raiz dentária. O alvéolo 3 apresenta um dente com fraturas na parte labial e lingual do dente. Seguindo para o

maxilar direito. No alvéolo 5 há um dente muito pequeno. No alvéolo 6 há um dente com pequenas falhas em sua parte lingual. O alvéolo 7 apresenta um dente com sua ponta quebrada, parecido com o que é visto no alvéolo 7 do maxilar esquerdo. No alvéolo 8 há um dente com a ponta arredondada e com desgaste em sua parte labial.

Observa-se que na mandíbula a dentes com sua raiz bastante alongada, provavelmente estavam em processo de substituição.



Figura 11. Vistas ventro-laterais do crânio do indivíduo juvenil. A) Pré-maxilar e maxilar direito. B) Maxilar esquerdo. Numeração indica a posição dos dentes/alvéolos descritos no texto. Escalas: 1 cm.

Crânio de baurussuquídeo 4

Este crânio foi coletado na região de Fernandópolis e ainda está em preparação, grande parte do crânio ainda se encontra presa na rocha matriz, sendo possível visualizar apenas sua lateral direita (Figura 12). É possível observar todos os alvéolos do pré-maxilar direito (4) e do maxilar direito (5), quanto aos alvéolos do pré-maxilar esquerdo apenas o 1 e 2 estão à mostra. Os alvéolos visíveis estão bem preservados. A mandíbula está presente, entretanto, foi possível realizar as medidas apenas dos alvéolos/dentes do crânio.

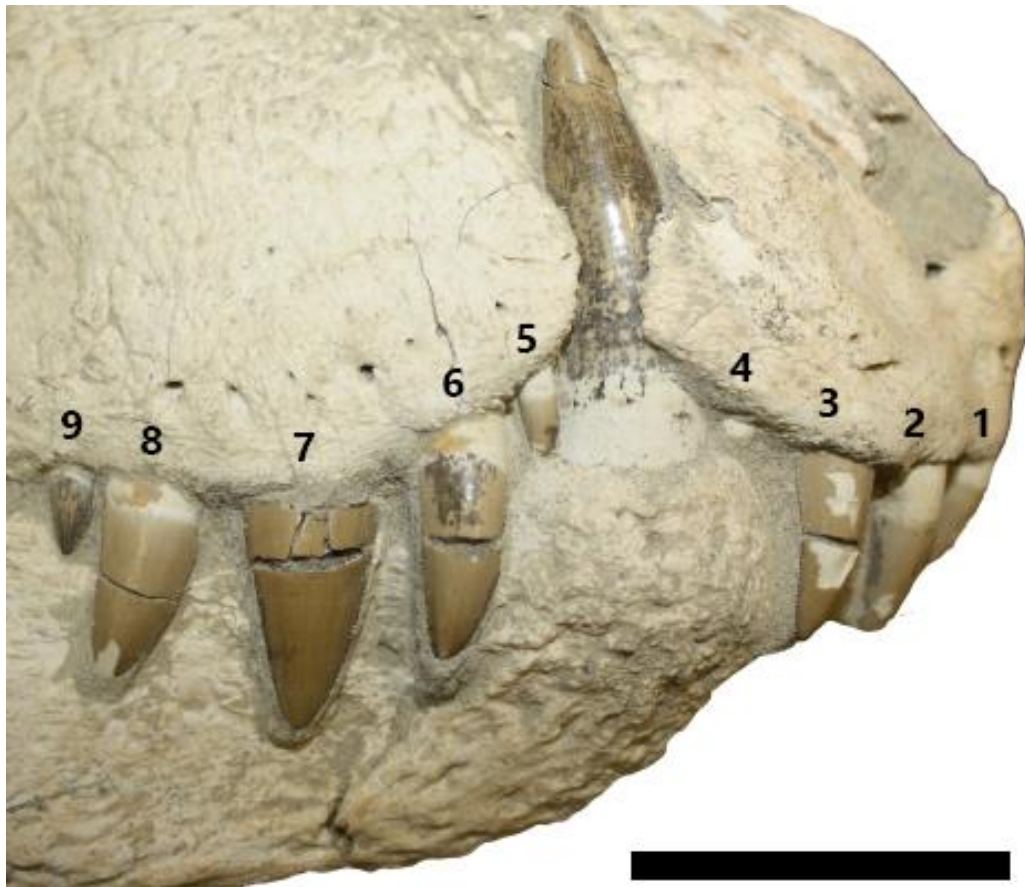


Figura 12. Vista lateral direita do crânio 4. Escala 5 cm.

Em todos os 11 alvéolos visíveis há dentes, entretanto, excluindo o dente presente no alvéolo 1 do pré-maxilar direito, só foi possível observar a vista labial dos dentes. Pelo que é possível observar dos alvéolos, eles estão bem preservados.

O primeiro e o segundo dente do pré-maxilar direito estão bem preservados. O terceiro dente apresenta uma falha/rachadura horizontal no meio do dente (face labial), esta percorre toda a área visível do dente. O quarto dente está quebrado um pouco acima do limite do alvéolo. Seguindo para o maxilar direito, temos o quinto dente que é bem pequeno e apresenta um bom estado de conservação. O sexto, sétimo e oitavo dentes apresentam a mesma falha/rachadura do terceiro dente do pré-maxilar direito. O nono dente está bem preservado. No pré-maxilar esquerdo o primeiro está em um bom estado de conservação. O segundo dente apresenta fraturas na parte labial.

Observa-se dois padrões de quebras presentes nos dentes, o primeiro padrão é aquele em que o dente é lascado na região apical (Figura 13B), já o segundo padrão apresenta quebra próximo a base da coroa (no limite do alvéolo) e apresenta cristas e sulcos em sua superfície oclusal (Figura 13A) daqui em diante este segundo padrão será chamado de “cristas diagonais”.

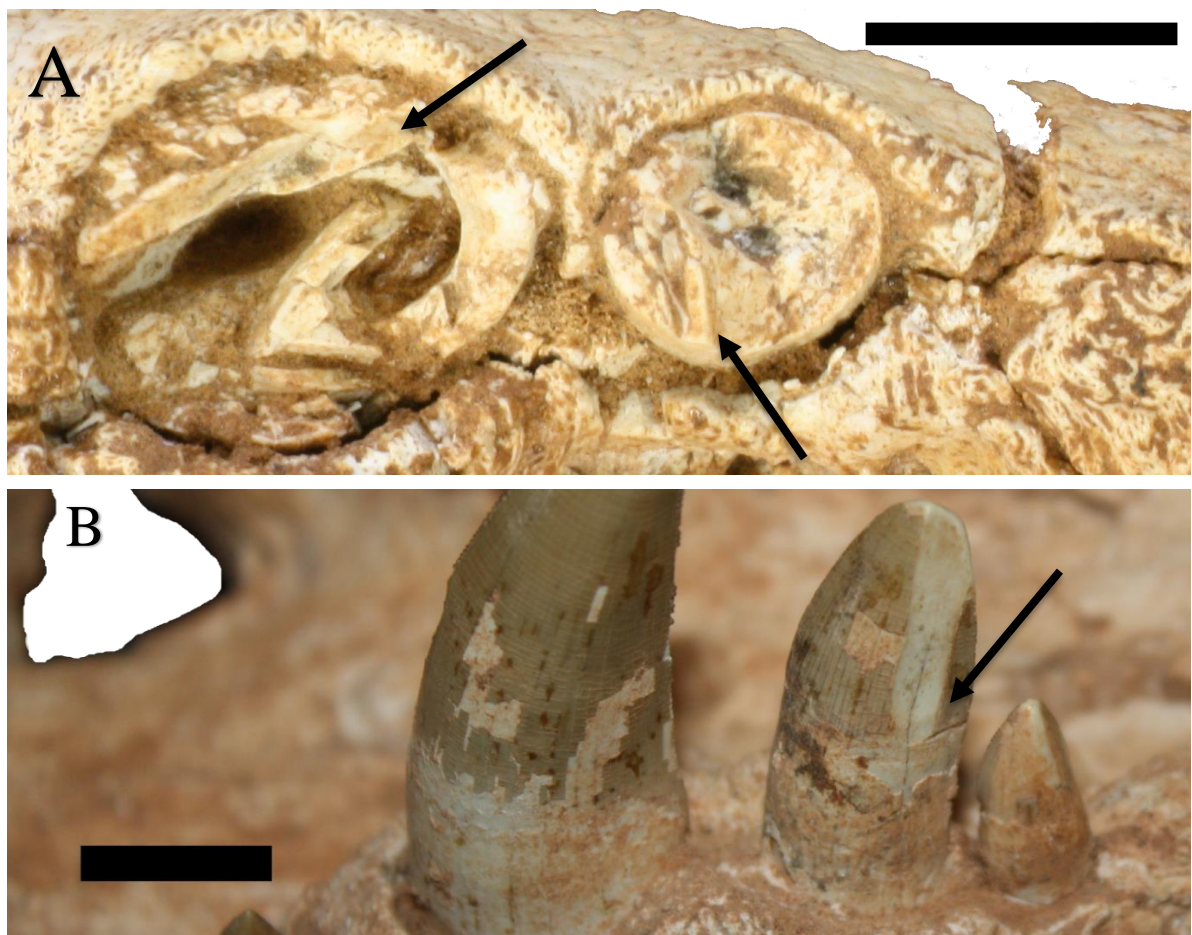


Figura 13. Imagem dos dois padrões de quebra encontrados nos crânios de baurussuquídeos. A) Segundo padrão de quebra (cristas diagonais); B) Primeiro padrão de quebra (lascas). Escalas: 1 cm.

3.2.1 Resultados dos testes com os moldes.

Foram realizados três diferentes testes afim de se encontrar um padrão de quebra parecido com os encontrados nos fósseis originais: teste de oclusão simples, teste de esforço lateral simples e o teste de rotação.

3.2.2 Resultado do teste de oclusão simples.

Foram testadas cerca de 8 réplicas dentárias e obtidos sempre o mesmo padrão de fratura (lascas conchoidais) para todas as réplicas testadas (Figura 14).

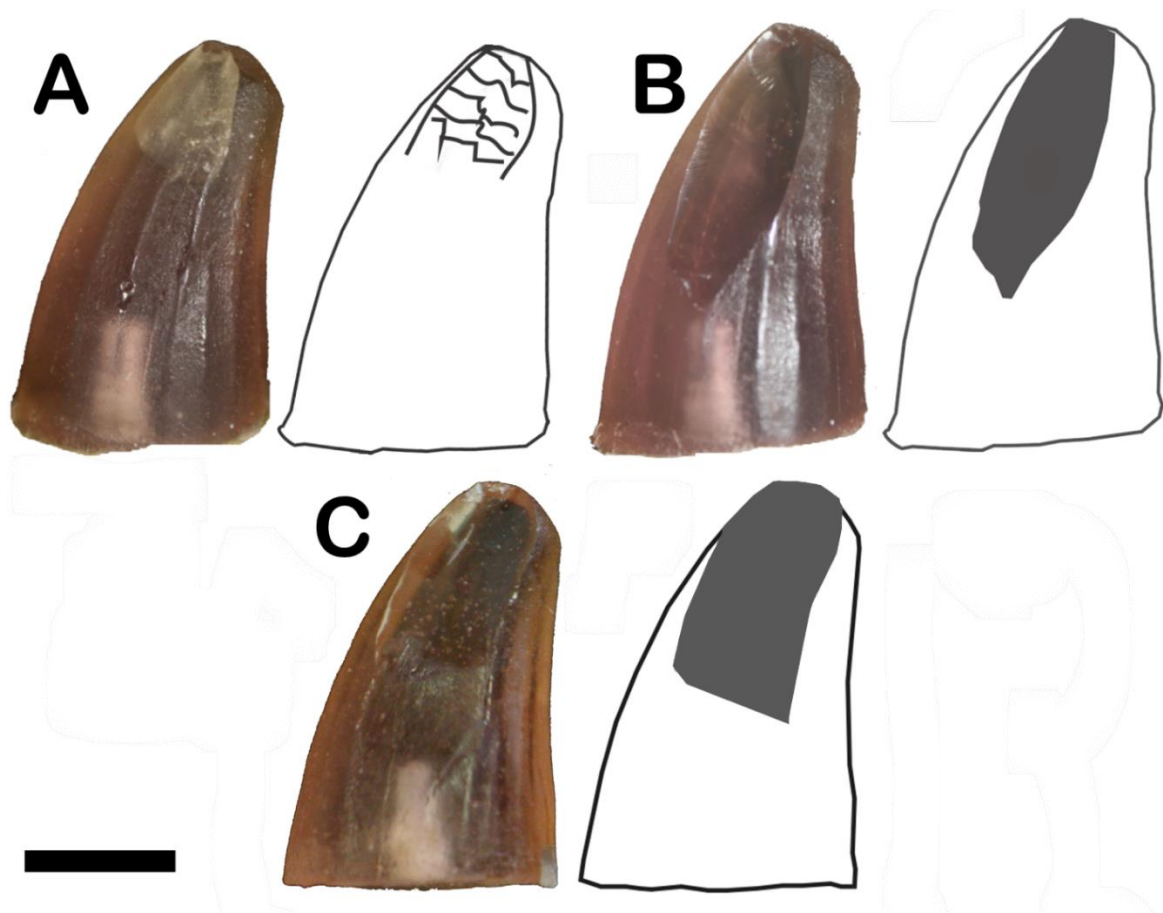


Figura 14. Resultados do teste de oclusão simples: A: Dente parcialmente quebrado, se observa uma lasca de dente ainda presa; B e C: Dentes lascados (quebra conchoidal). Escala: 1 cm.

3.2.3 Resultado do teste de esforço lateral simples.

No teste de esforço lateral foram testadas cerca de 5 réplicas dentárias, e o padrões de quebras encontrados (Figura 15) variam bastante entre eles, desde quebras com a superfície mais lisa, até quebras com superfícies mais rugosas, mas nunca apresentando cristas muito acentuadas.

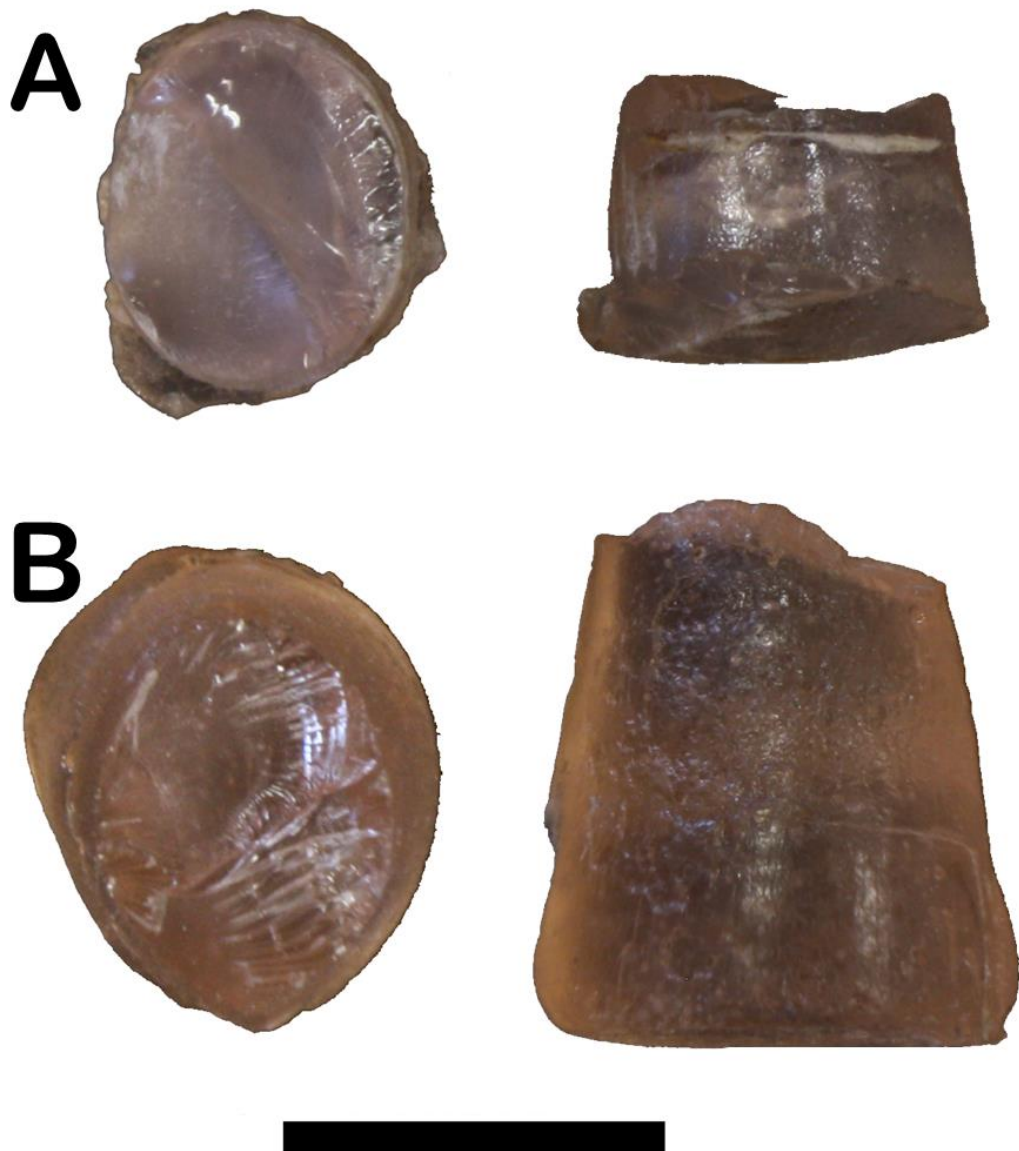


Figura 15. Resultados do teste de esforço lateral simples: A: Padrão de quebra com a superfície mais lisa e uma crista suave; B: Padrão de quebra com a superfície mais rugosa. Dentes em vista apical e lateral, respectivamente. Escala: 1 cm.

3.2.4 Resultado do teste de rotação.

No teste de rotação foram utilizadas cerca de 7 réplicas dentárias e os padrões obtidos (Figura 16) praticamente não variaram, sempre ocorreram cristas mais acentuadas com um padrão diagonal.

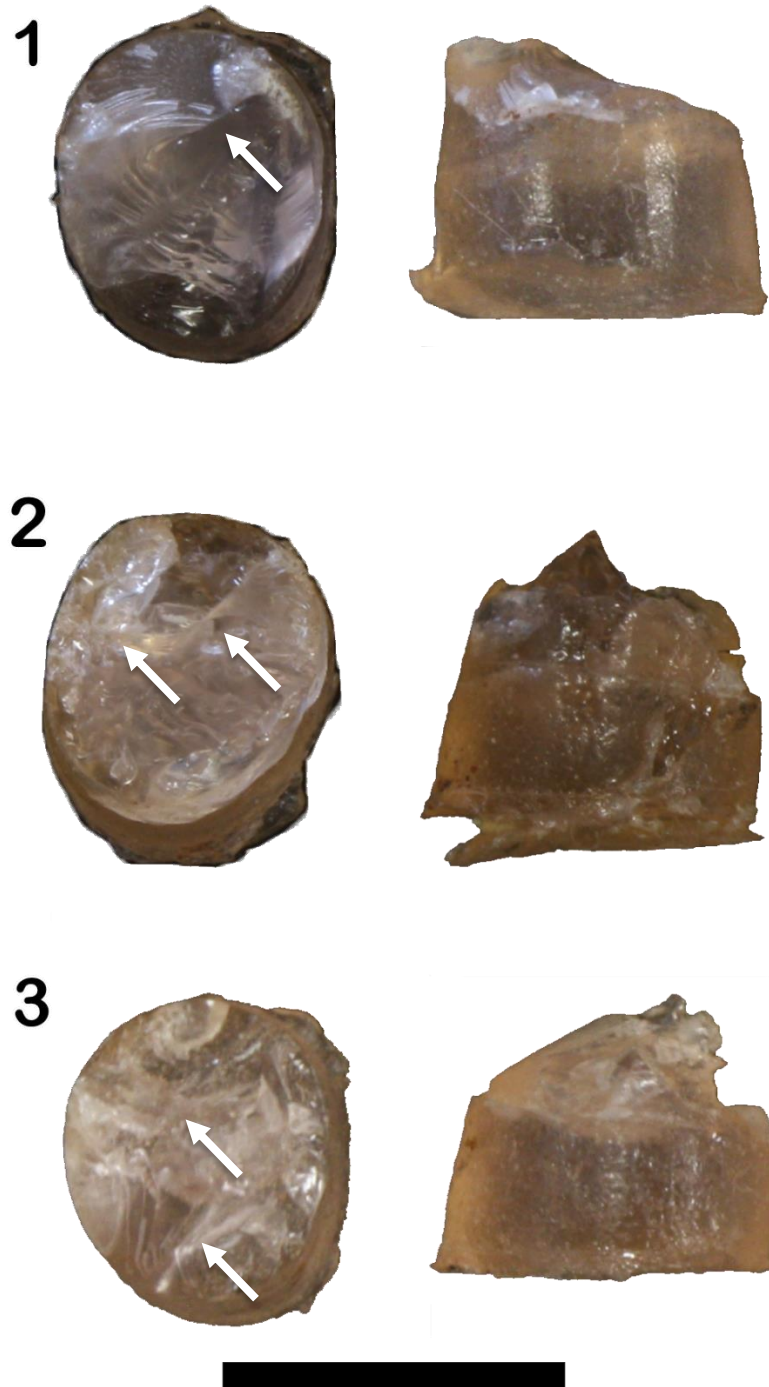


Figura 16. Resultados do teste de rotação: Os dentes apresentam um padrão de quebra bem parecido, dentes em vista apical e lateral. Setas brancas indicam as cristas. Escala: 1 cm.

4 – Discussão

Apesar de um número amostral baixo (de fósseis), tanto o primeiro padrão (dentes lascados) como o segundo padrão de quebra (cristas diagonais) encontrados nos fósseis de baurussuquídeos são mais comuns nos dentes maxilares posteriores.

Observa-se que os dentes de baurussuquídeos juvenis e adultos não apresentam variações morfológicas. Entretanto, possuem variações em espaçamento entre alvéolos e em tamanho dos seus dentes. Dado tal espaçamento e a posição e tamanho da presa, é possível que o processo de alimentação possa sobrecarregar um dente, podendo facilitar o aparecimento de quebras.

Este padrão lascado (*spalling*) de fratura é observado não só nos tiranossaurídeos, como também em crocodilos fósseis (Young *et al.*, 2012) e em crocodilos atuais (observação pessoal em dentes de animais capturados na natureza). Tal padrão foi observado e citado primeiramente por Lambe (1917) que notou superfícies de desgastes em dentes laterais de tiranossaurídeos encontrados nos depósitos do Rio Red Deer, no oeste do Canadá. Lambe (1917) associou estes desgastes ao contato dente-dente dos tiranossaurídeos. Vários pesquisadores contestaram esta ideia. Farlow (comunicação pessoal com Abler), que é citado em Abler (1992) sugeriu que esse tipo de característica são feições de desgaste vistas apenas na parte lingual do dente. Farlow & Brinkman (1994) notaram que também é possível ver desgastes na parte labial, entretanto são mais frequentes na parte lingual. Molnar (1998) indicou que estes desgastes apenas ocorrem na superfície lateral do dente, dizendo assim que não é possível obtê-los a partir de atrito. Jacobsen (2003) sugere que estes desgastes provavelmente foram formados a partir de interações com alimentos. Schubert e Ungar (2005) propõem algumas linhas de evidências para justificar o motivo de não ser o contato dente-dente o causador dos desgastes. 1º: o maxilar dos tiranossaurídeos é mais largo que sua mandíbula, desta forma, durante a oclusão os dentes superiores ficam posicionados por cima dos inferiores, de modo que não deveriam ser encontradas estas fraturas na parte labial dos dentes do maxilar. 2º: as lascas apresentam estrias orientadas de forma aleatória, o que indicia que elas não foram criadas da mesma forma por um suposto movimento de oclusão. 3º: as quebras apresentam uma superfície regular geralmente côncava, o que difere de facetas de desgaste que, geralmente, são planas.

As quebras dentárias (*spalling*) encontradas nos dentes de baurussuquídeos parecem bastante com o padrão encontrado nos tiranossaurídeos e também se encaixam nas três hipóteses levantadas por Schubert e Ungar (2005). Adicionalmente, os Baurusuchidae possuem um dente caniniforme hipertrofiado na mandíbula, que se encaixa em uma reentrância localizada no crânio, próximo do contato entre pré-maxilar e maxilar (Figura 17). Devido a esse encaixe justo, consideramos também que a oclusão em Baurusuchidae não poderia apresentar movimentos adicionais laterais ou propalinais sob o risco de ferimento e quebra dos dentes durante o movimento de oclusão. Pelo acima exposto, consideramos que as quebras encontradas nos baurussuquídeos não são geradas a partir do atrito dente-dente.

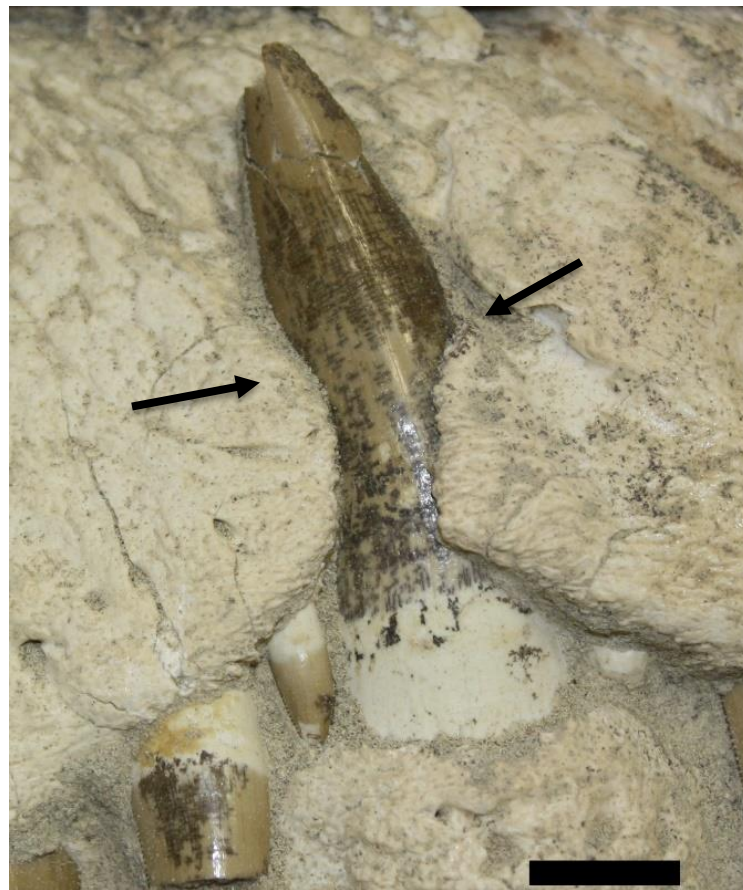


Figura 17. Detalhe da reentrância localizada no crânio. No caso, o dente hipertrofiado da mandíbula se encaixando na reentrância do crânio. Escala: 1 cm.

Os pterigoides fortemente desenvolvidos dos baurussuquídeos sugerem uma mordida muito poderosa, e que eles poderiam fechar sua mandíbula rapidamente (Carvalho *et al.*, 2005). Ao realizarmos testes de oclusão simples com os moldes dentários em materiais menos resistentes, neste caso uma chapa de madeira, observamos que o dente não se quebra, nem ao menos apresenta sinais que isso ocorrerá mesmo após inúmeros testes deste tipo. Em contrapartida, quando realizados os mesmos testes em um material mais resistente, neste caso uma placa de rocha (mármore), o dente se quebra logo após as primeiras tentativas, podendo liberar uma lasca inteira ou, primeiramente, apresentar uma falha que, após um novo impacto se desenvolve em uma lasca que se separa do dente. O padrão de quebra encontrado após este teste se assemelha bastante com o observado no fóssil original.

Para o segundo padrão observado nos fósseis originais (cristas diagonais), desconhecemos qualquer registro na literatura que trate desta característica. Tentamos simular o padrão encontrado, e chegamos a um padrão bem próximo rotacionando o dente até sua quebra.

Crocodiliformes não mastigam seu alimento e, principalmente os adultos, comem presas grandes (Grigg & Kirshner, 2015). Os crocodilos atuais, para diminuir o tamanho de seu alimento, podem sacudir sua cabeça lateralmente ou girar seu corpo, o conhecido “giro da morte”. Nos baurussuquídeos parece pouco provável que realizassem o giro da morte para partir pedaços de suas presas. Para inferirmos isto consideramos dois fatores. 1º: realizar o giro da morte é mais fácil em ambientes aquáticos, os baurussuquídeos eram animais terrestres, sendo bem mais complicado realizar o giro em terra; 2º: os membros locomotores dos crocodilos atuais são menores em relação aos membros locomotores de baurussuquídeos. Nesse caso, realizar o giro com membros tão alongados seria bastante difícil, principalmente em terra. Desta forma, é bastante provável que os padrões de ruptura observados sejam derivados da capacidade dos baurussuquídeos em “sacudir” a cabeça para arrancar porções menores de suas presas.

Nos crocodiliformes atuais se observa que eles tendem a esmagar e engolir os ossos de suas presas (Grigg & Kirshner, 2015). Desta forma, é possível que os baurussuquídeos realizassem o mesmo. Considerando que no local onde fósseis de baurussuquídeos são encontrados, também ocorrem fósseis de esfagessaurídeos, tanto de animais juvenis como de adultos. E que há uma evidência direta de que os baurussuquídeos comiam ao menos os ossos de suas presas, como foi reportado por (Godoy *et al.*, 2014), que encontrou ossos de um

esfagessaurídeo como conteúdo estomacal do Baurusuchidae, *Aplestosuchus sordidus* (Godoy *et al.*, 2014) (Figura 18). Então, é razoável afirmar que os esfagessaurídeos eram uma das presas destes animais. Esfagessaurídeos de grande porte, como por exemplo *Armadillosuchus arrudai* (Marinho e Carvalho, 2009), possuem um escudo formado por placas dérmicas parasagitais e nucais (cervicais). Portanto, é possível que o desenvolvimento deste escudo possa estar ligado à essa relação predador-presa apresentada por baurussuquídeos e esfagessaurídeos. Adicionalmente, fragmentos de ossos são encontrados em coprólitos de baurussuquídeos.

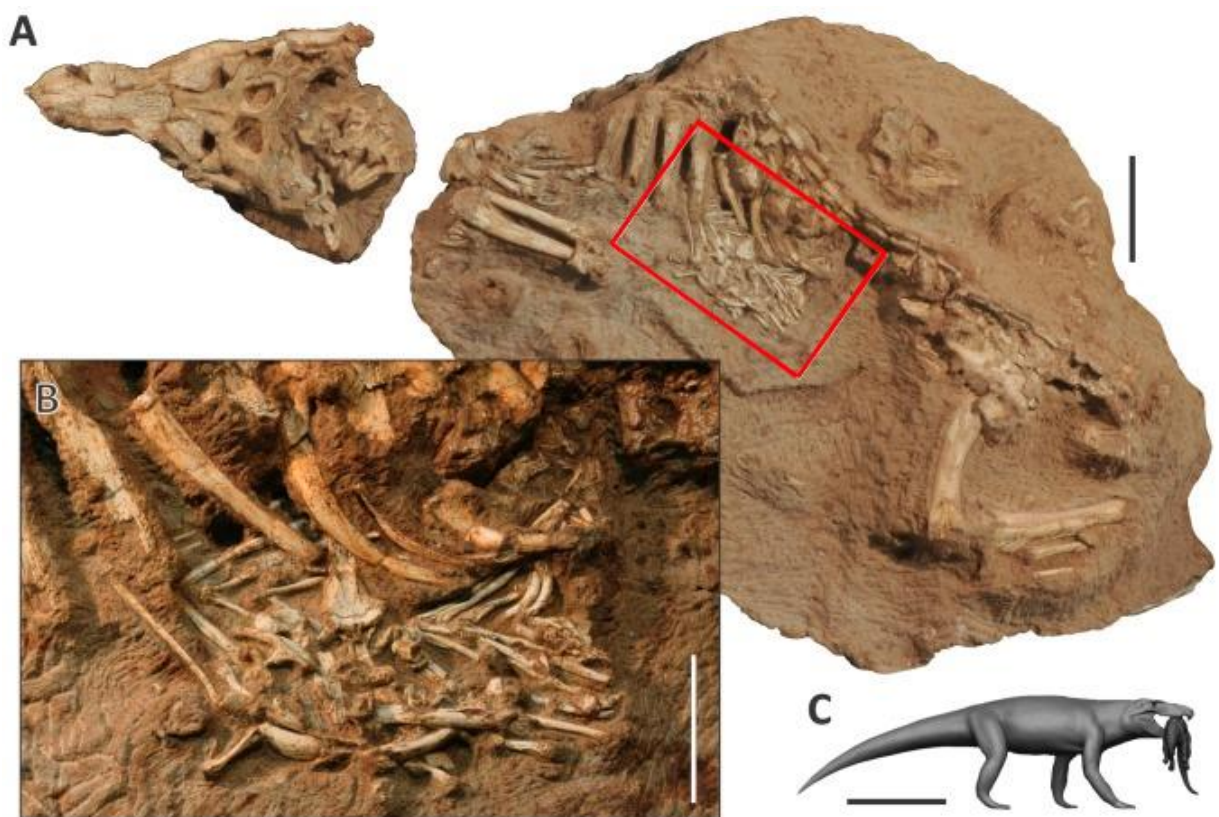


Figura 18. A: Esqueleto de *Aplestosuchus sordidus* (barra de escala: 10 cm). B: Área em destaque no “A” com detalhes do conteúdo abdominal, com restos de um esfagessaurídeo (barra de escala: 5 cm). C: Reconstrução de predador e presa (barra de escala: 50 cm). Reconstrução por Rodolfo Nogueira. Fonte: (Godoy *et al.*, 2014).

Nos dentes do indivíduo juvenil não ocorre nenhum dos dois padrões de quebra citados anteriormente. Ao contrário, se observa em alguns casos uma raiz muito grande com o dente de reposição empurrando os dentes funcionais. Cott (1961), a partir da análise do conteúdo

estomacal de uma larga amostra destes animais (857 indivíduos) mostrou como a dieta de crocodilos atuais (crocodilo-do-Nilo) muda de acordo com seu crescimento (Figura 19).

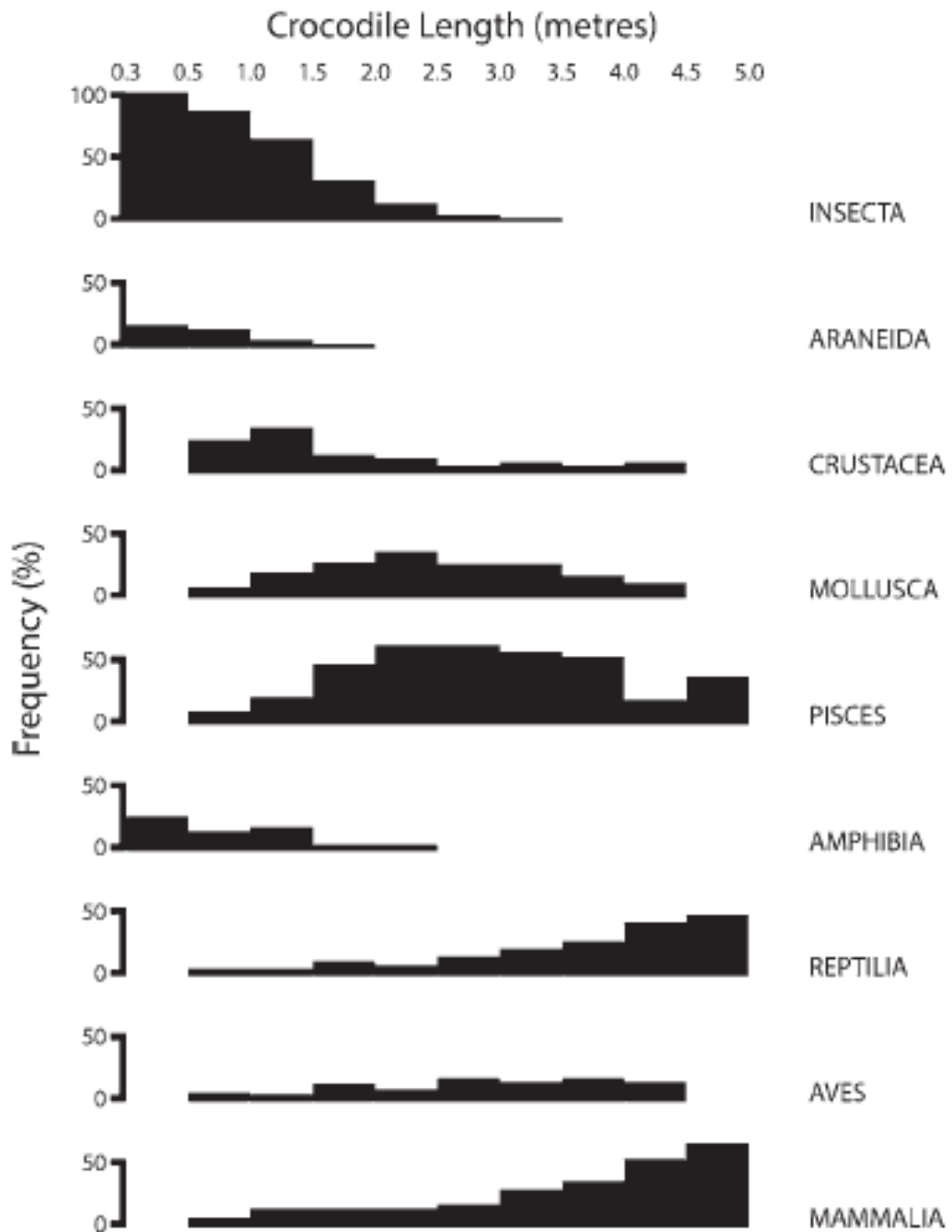


Figura 19. Relação entre o tamanho (comprimento) do crocodilo e sua alimentação entre 9 táxons de animais.

Fonte: adaptado de Cott (1961) por (Grigg & Kirshner, 2015).

Observa-se que quando jovens eles possuem uma preferência por insetos, crustáceos, sapos e pequenos peixes, e que com o seu crescimento, peixes maiores, aves, mamíferos e outros répteis vão sendo adicionados à dieta (Grigg & Kirshner, 2015). O mesmo foi observado em um estudo mais recente (Wallace e Leslie, 2008). Com esses estudos e no que é observado em dentes do exemplar de *Baurusuchidae* juvenil, existe uma grande chance dos indivíduos juvenis de baurussuquídeos possuírem uma dieta diferente daquela apresentada pelos indivíduos adultos.

5 – Conclusão

No primeiro padrão de quebra encontrado nos fósseis de *Baurusuchidae*, aquele no qual o dente é lascado, concluímos que as quebras ocorrem somente quando os dentes entram em contato com superfícies duras, podendo ocorrer tanto no primeiro impacto do dente, como também após sucessivos impactos. Impactos em regiões menos rígidas (da presa) provavelmente não geram estas lascas. Este padrão de quebra pode estar ligado às forças produzidas durante a alimentação, provavelmente um contato entre o dente do predador e osso da presa.

O segundo padrão de quebra encontrado nos fósseis, aquele em que o dente apresenta cristas diagonais, pode ser indicativo de uma mordida na qual houve um movimento de rotação da cabeça, provavelmente para arrancar pedaços da presa.

A quebra com um esforço lateral, em nossa simulação produziu um padrão diferente dos dois padrões encontrados nas simulações anteriores, assim é possível afirmar que as quebras encontradas não são resultantes de um esforço lateral (cisalhante) aplicado aos dentes.

O indivíduo juvenil não apresenta estes padrões de quebras dentárias, apesar de haver apenas um único exemplar disponível para comparação, isto pode ser um indicativo de que os indivíduos juvenis possuíam uma dieta diferente daquela dos adultos.

Estudos adicionais, como a análise de isótopos de C^{12} e C^{13} , podem fornecer adicionais evidências que ajudem a suportar melhor os resultados sobre o comportamento alimentar destes

animais. Neste caso, indivíduos juvenis e adultos podem apresentar grandes diferenças nas razões isotópicas de C^{12} e C^{13} , indicando, neste caso, se as dietas eram similares ou não.

6 - Referências bibliográficas

ABLER, W. L. 1992. **The serrated teeth of tyrannosaurid dinosaurs, and biting structures in other animals.** *Paleobiology* **18**: 161–183.

CAMPOS, D.A.; SUAREZ, J.M.; RIFF, D.; KELLNER, A.W.A. 2001. **Short note on a new Baurusuchidae (Crocodyliformes, Metasuchia) from the Upper Cretaceous of Brazil.** *Boletim do Museu Nacional, Nova Série, Geologia*. **57**: 1-7.

CARVALHO, I. D. S.; TEIXEIRA, V. P. A.; FERRAZ, M. L. F; RIBEIRO L. C. B.; MARTINELLI, A. G.; NETO, F. M.; SERTICH, J. J. W. CUNHA, G. C.; CUNHA, I. C.; FERRAS, P. F. 2011. ***Campinasuchus dinizi* gen. et sp. nov., a new Late Cretaceous baurusuchid (Crocodyliformes) from the Bauru Basin, Brazil.** *Zootaxa* 2871:19-42.

CARVALHO, I. S.; CAMPOS, A. C. A.; NOBRE, P. H. 2005. ***Baurusuchus salgadoensis*, a new Crocodylomorpha from the Bauru Basin (Cretaceous), Brazil.** *Gondwana Research*, **8** (1): 11-30.

COTT, H. B. 1961. **Scientific results of an inquiry into the ecology and economic status of the Nile crocodile (*Crocodilus niloticus*) in Uganda and Northern Rhodesia.** *Transactions of the Zoological Society of London* **29**, 211–356. doi:10.1111/j.1096-3642.1961.tb00220.x

ERICKSON, G.M.; GIGNAC, P. M.; STEPPAN, S. J.; LAPPIN, A.K.; VLIET, K.A.; *et al.* 2012. **Insights into the Ecology and Evolutionary Success of Crocodilians Revealed through Bite-Force and Tooth-Pressure Experimentation.** *PLOS ONE* **7**(3): e31781.

FARLOW, J. O.; BRINKMAN, D. L. 1994. **Wear surfaces on the teeth of tyrannosaurs**; In: G.D. Rosenberg and D.L. Wolberg (eds.), *Dino Fest, the Paleontological Society Special Publication 7*: 164–175.

GODOY, P. L.; MONTEFELTRO, F. C.; NORELL, M. A.; LANGER, M. C. 2014. **An additional baurusuchid from the Cretaceous of Brazil with evidence of interspecific predation among Crocodyliformes**. *PLoS One* **9**(5):e97138.

GRIGG, G.; KIRSHNER, D. 2015. **Biology and Evolution of Crocodylians**. *Biology and Evolution of Crocodylians*. Cornell University Press, New York, USA.

HENDRICKX, C.; MATEUS, O. 2014. **Abelisauridae (Dinosauria: Theropoda) from the Late Jurassic of Portugal and dentition-based phylogeny as a contribution for the identification of isolated theropod teeth**. *Zootaxa*. **3759**. 1-74. 10.11646/zootaxa.3759.1.1.

JACOBSEN, A. R. 2003. **Predatory Behaviour of Carnivorous Dinosaurs: Ecological Interpretations Based on Tooth Marked Dinosaur Bones and Wear Patterns of Theropod Teeth**. 79 pp. The Steno Museum, University of Aarhus, Denmark.

LAMBE, L. M. 1917. **The Cretaceous theropodous dinosaur Gorgosaurus**. Geological Series, Canada Department of Mines, Geological Survey, Memoir **100** (83): 1–84.

LEVY, C. 1991. **Crocodiles and Alligators**. Chartwell Books. New Jersey.

MARINHO, T. D. S.; CARVALHO I. D. S. 2009. **An armadillo-like sphagesaurid crocodyliform from the Late Cretaceous of Brazil**. *Journal of South American Earth Sciences*. **27** (1): 36–41. doi:10.1016/j.jsames.2008.11.005.

MARINHO, T. D. S.; IORI, F. V.; CARVALHO, I. D. S.; VASCONCELOS, F.M. 2013. ***Gondwanasuchus scabrosus* gen. et sp. nov., a new terrestrial predatory crocodyliform (Mesoeucrocodylia: Baurusuchidae) from the Late Cretaceous Bauru Basin of Brazil**. *Cretaceous Research* **44**:104-111.

MARTIN, J. E. 2013. **Surviving a potentially lethal injury? Bite mark and associated trauma in the vertebra of a dyrosaurid crocodilian.** *Palaaios* **28**: 6–8doi: 10.2110/palo.2012.p12-068r.

MARTINELLI, A. G.; PAIS, D. F. 2008. **A new baurusuchid crocodyliform (Archosauria) from the Late Cretaceous of Patagonia (Argentina).** *Comptes Rendus Palevol* **7**:371-381.

MOLNAR, R. E. 1998. **Mechanical factors in the design of the skull of *Tyrannosaurus rex* (Osborn, 1905).** *Gaia* **15**: 193–218.

MONTEFELTRO, F. C.; LARSSON, H. C. E.; LANGER, M. C.; 2011. **A New Baurusuchid Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) from the Late Cretaceous of Brazil and the Phylogeny of Baurusuchidae.** *PLoS ONE* **6**(7): e21916.

NASCIMENTO, P. M. **Descrição morfológica e posicionamento filogenético de um Baurusuchidae (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) do Cretáceo Superior da Bacia Bauru, região de General Salgado (SP).** 2008. Dissertação (Mestrado em Pós-Graduação em Ciências Biológicas - Zoologia) - Instituto de Biociências Universidade de São Paulo.

NASCIMENTO, P. M.; ZAHER, H. 2010. **A new species of *Baurusuchus* (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) from the Upper Cretaceous of Brazil, with the first complete postcranial skeleton described for the family Baurusuchidae.** *Papéis Avulsos de Zoologia* **50**(21):323-361.

NOTO, C. R.; MAIN, D. J.; DRUMHELLER, S. K. 2012. **Feeding traces and paleobiology of a Cretaceous (Cenomanian) crocodyliform: example from the Woodbine Formation of Texas.** *Palaaios* **27**: 105–115doi: 10.2110/palo.2011.p11-052r.

PRICE, L. I. 1945. **A new reptile from the Cretaceous of Brazil.** Rio de Janeiro, Departamento Nacional da Produção Mineral, Notas preliminares e estudos, Boletim **25**, 8 p.

RICHARDSON, K. C.; WEBB, G. J. W.; MANOLIS, S. C. 2002. **Crocodiles: inside out. A guide to the crocodilians and their functional morphology**. Australia, Surrey Beatty and Sons. 172p.

RIFF, D.; KELLNER, A. 2001. **On the dentition of *Baurusuchus pachecoi* Price (Crocodyliformes, Metasuchia) from the Upper Cretaceous of Brazil**. Boletim do Museu Nacional. **59**. 1-15.

SCHUBERT, B. W.; UNGAR, P. S. 2005. **Wear facets and enamel spalling in tyrannosaurid dinosaurs**. Acta Palaeontologica Polonica. **50**.

VASCONCELLOS, F. M. **Análise morfofuncional e hábitos de vida de *Baurusuchus* (Crocodyliformes, Mesoeucrocodylia) na Bacia Bauru**. 2009. Tese de Doutorado, Programa de Pós-Graduação em Geologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 222 p. 2009.

WALLACE, K. M.; LESLIE, A. J. 2008. **The diet of the Nile crocodile (*Crocodylus niloticus*) in the Okavango Delta, Botswana**. Journal of Herpetology **42**(2), 361–368. doi:10.1670/07-1071.1.

WILSON, J. A.; MALKANI, SADIQ M.; GINGERICH, P. D. 2001. **New crocodyliform (Reptilia, Mesoeucrocodylia) from the Upper Cretaceous Pab Formation of Vitakri, Balochistan (Pakistan)**. Contributions from the Museum of Paleontology, University of Michigan. **30** (12): 321–336.

WOODWARD, A. S. 1896. **On two Mesozoic crocodilians from the red sandstones of the territory of Neuquen (Argentina Republic). *Notosuchus* (genus novum) and *Cynodontosuchus* (genus novum)**. Anales del Museo de La Plata. Paleontología Argentina **4**:1-20.

YOUNG, M. T.; BRUSATTE, S. L.; BEATTY, B. L.; ANDRADE, M. B. D.; DESOJO, J. B. 2012. **Tooth-On-Tooth Interlocking Occlusion Suggests Macrophagy in the Mesozoic Marine Crocodylomorph *Dakosaurus***. Anat Rec, **295**: 1147-1158. doi:10.1002/ar.22491.